

고품위 염색을 위한 PTT BCF 카펫의 연속염색기술

심재윤, 박영환, 김종윤, 이종복*

한국생산기술연구원, *(주)효성

1. 서 론

카펫의 소재중 나일론은 우수한 회복률과 풍부한 볼륨감, 그리고 쉽고 우수한 염색성 때문에 가장 큰 시장점유율을 보이고 있으나 정전기 및 내오염성에서 문제가 있다. PP와 PET는 낮은 resilience에도 불구하고 PP는 가격이 저렴하고 쉬운 방사성으로 나일론 다음의 market share를 차지하고 있으며, PET는 우수한 내열성과 내오염성의 장점을 지니고 있어 일부 용도(전기 카펫 등)에서 사용되기도 한다. 최근까지 제품에 대한 소비자들의 요구수준이 높아짐에 따라 원사개질, 후가공 방법 개발 등 끊임없는 기술개발을 통해 문제점들을 해결해 오고 있으나 소재의 특성상 한계가 있어 대체소재에 대한 개발 필요성이 제기되던 중, 타 합성 소재에 비해 신축성 및 촉감이 부드럽고 특히, 카펫 용도에 있어서는 나일론, 폴리에스터, PP 등의 장점을 모두 갖추면서 각각의 단점을 개량한 신소재인 PTT란 소재가 소개되었다. 현재 세계 카펫 시장은 약 36조원에 이르고 향후 10년 이내 나일론 카펫의 약 50%가 PTT 카펫으로 대체되어 나갈 것으로 예측된다.

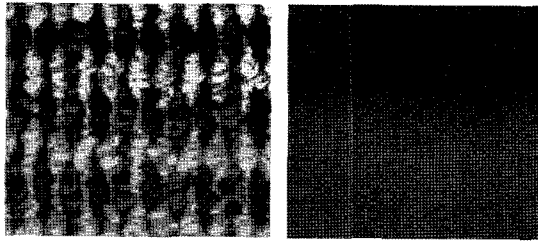
카펫의 품위를 판정할 수 있는 최종 단계는 염색 부분이며, 크게 배치식과 연속식 염색법으로 나뉘어진다. 카펫 염색설비는 상당히 규모가 크기 때문에 대부분 상압설비이며 일반적으로 고중량, 고가 카펫은 배치식으로, 중~저중량, 중저가 카펫은 연속식으로 염색되어진다. 이 두 염법 중 연속식 염법

이 배치식에 비해 생산성이 높으며 높은 비중을 차지하고 있다. 따라서 본 고에서는 PTT 카펫을 연속식 염색방법에 의해 품위있는 색상 발현을 위한 방법들을 소개하고자 한다.

2. PTT carpet 연속염색에 있어서의 색상 품위 결정 인자

기존 나일론 카펫의 연속염색의 경우, 적용되는 염료는 산성염료이며 염료와 섬유간의 이온결합이 주된 염착기구이다. 따라서 상압에서 적정 온도조건으로 비교적 빠른 염착이 이루어진다. 하지만 PTT 섬유는 분산염료가 사용되며 PET 섬유의 염색과 같이 염료가 폴리머 매트릭스 내부로 침투하면서 염착이 이루어지기 때문에 산성염료에 비해 비교적 긴 시간이 요구되어진다. 따라서 PTT 카펫은 상압설비에서 우수한 색상 품위를 얻기가 상당히 까다롭다. 카펫 연속염색의 경우 염액을 일정 속도로 지나가는 피염물상에 스프레이로 뿌려주는 방식을 채택하고 있다. 분산염액인 경우 염착이 완전히 이루어지기 전에 섬유표면을 타고 흘러내리기 때문에 카펫 파일 상단부와 하단부의 색상차 뿐만아니라 고착을 위한 증열공정에서 수직으로 증열기에 투입되는 과정에서 염액이 카펫 원단 길이 방향으로 흘러내려 염색 불균염(tailing)이 발생하게 된다.

따라서, PTT 카펫의 분산염료를 이용한 연속염색에 있어서 품위있는 색상을 발현키 위해서는 세



(a) loop type pile (b) cut type pile

Figure 1. 루프 및 컷타입 카펫.

심한 공정 설정이 필요하다.

2.1. 호제의 선정

호제는 염액의 흐름을 제어해 주기 때문에 염액이 흘러내려 불균염을 일으키기 전에 염착을 유도하도록 보조하는 역할을 한다. 이런 호제는 카펫 백단의 형태에 따라 선택적인 적용이 필요하다. 즉, 파일 길이가 짧은 loop pile 제품은 일반적으로 백단 표면에서 염액이 잘 흘러내리는 제품으로 호제의 사용량이 부적절하면 수직으로 스티머로 올라갈 때 염액이 천천히 흘러내려 흐름자국이 발생하기 때문에 호제를 사용하지 않는 것이 불균염 방지 측면에서 바람직하다. 반면에 파일길이가 긴 cut pile 제품은 백단 표면에서 염액 흐름이 심하지 않은 제품으로 색농도 증진 및 프로스팅 방지측면에서 적당량의 호제를 사용함이 바람직하다.

2.1.1. 적정호제 선정

Table 1과 같이 합성호제는 대부분 점도가 높은 paste 상태의 제품이기 때문에 100 cp 수준의 낮은

점도의 염액을 제조하기가 용이하지 않고, 고속 교반이 안되는 현장의 설비 특성 상 호제가 완전히 용해되지 않고 덩어리로 뭉쳐있거나 하면 점도 편차가 크게 발생할 위험이 있다. 또한 사용량의 작은 변화에 의하여 점도 변화가 매우 큰 구간이 존재하기 때문에 현장 작업자의 작은 실수로도 염액의 점도 편차가 크게 발생할 위험성이 있다. 실례로 Tanaprint 160의 경우 사용량 1.6 g/L에서 92 cp, 사용량 2.1 g/L에서 250 cp로 호제량 30% 증가 시 점도는 170%나 증가한다.

천연호제인 전분(starch)계 호제인 경우 gum계 호제 보다도 사용량이 많은 반면 염색 품위는 떨어진다. 호제는 용해성이 우수하여 현장 작업성이 좋고 점도 조절이 용이한 guar gum계통의 호제가 추천된다. 점도가 높은 염료 호액을 만들어 날염(printing) 하는 경우에는 원가절감이나 날염효과에 변화를 주기위하여 합성 호제와 천연호제를 혼합 사용하는 경우도 있지만 저점도에서 안정한 합성호제의 적용이 불가능한 현 시점에서 천연호제와 합성호제의 혼합 사용법의 검토는 무의미하다.

2.1.2. 염액 pick-up 변화에 따른 작업성 및 염색 품위

연속염색에서의 염액 pick-up 조절은 대부분 염액 토출량과 피염물의 속도 조절을 통해 이루어진다. Table 2의 결과는 피염물의 속도를 일정하게 한 후, 염액 토출량을 조절하여 pick-up량을 조절한 것이며, 시료는 PTT BCF carpet(FLUSH TYPE, 백단중량 2.0 kg/평)를 사용하였고, 호제는 guar gum

Table 1. 호제 종류별 현장 작업성

구분	종류	동일 수준의 점도 발생하는 사용량	호제의 용해성
천연호제	RAGUM(GUAR GUM계)	3 g/L : 100 cps (기준)	양호
	KDA6H10(CMC계)	2-2.5 g/L	염액 불안정하며 용해에 장시간 소요됨 용해성 양호
	solvitose C-5(starch계)	8 g/L	
합성호제	tanaprint 160(아크릴계)	2 g/L	낮은 점도로의 희석이 용이하지 않음
	carbopol(아크릴계)	10 g/L	
	ASTROPRINT RD(아크릴계)	4 g/L	

Table 2. 염액 pick up량에 따른 세부 공정별 현장 작업성 및 염색품위

PICK-UP%	450%	500%	550%
PICK-UP량(g/l)	84.4	93.8	103.2
APPLICATOR DUCT BLADE조건	불균일 반접×	2 cm띠, 균일 반접×	2 cm띠, 균일 반접×
STEAMER입구 PIN-ROLL	염액흐름×	염액흐름×	염액흐름×
STEAMER 1번PIN-ROLL	거품×	거품×	잔거품
STEAMER 2번PIN-ROLL	염액흐름×	염액흐름×	잔거품, 굵은거품 염액흐름○
STREAK발생 불량	△	△	△
염액 PILE침투력	○	○	○
염색불균염	○	○	◎
종합평가	△	○	○

※ 해당 항목의 작업성, 품위 : ◎매우 양호 ○양호 △보통 ×불량

2 g/L, 피염물 속도는 분당 6.2 m로 고정하여 현장에서 실험한 결과이다.

주의를 요하여 살펴보아야 할 것들은 우선 스티머로 수직 이동시 염액의 흐름이 발생하는가, 스티머 내에서 염액의 흐름 및 거품 발생에 의한 거품 흐름 농담차로 인한 경사줄이 발생하는가, 그리고 최종 제품상에 경사줄 및 염색불균염이 발생하는가 등이다. 상기의 조건에 가장 우수한 결과를 보여준 것은 pick up량이 500~550% 일 때이다.

2.1.3. 호제 사용량에 따른 작업성 및 염색품위

Table 3은 상기의 염액 pick-up량에 따른 세부 공정별 현장 작업성 및 염색품위 실험 결과에서 가장 우수했던 pick up량인 500%와 피염물 속도를 분당 6.2 m로 고정한 후, gum의 양을 단계적으로 늘려가며 현장 작업성 및 염색품위를 관찰한 결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 gum 사용량이 1.5~2.0 g/L에서 가장 작업성 및 염색품위가 양호하였다. 하지만 좌·중·우 색상차 등의 문제점은 지속적인 개선이 요구되어진다.

호제를 사용하면 염액과 섬유간의 접촉시간이 증가하기때문에 염료 흡진량이 증가하고 호제의 스티머내 거품유발 효과로 인하여 프로스팅 현상이 감소하기 때문에 걸보기 농도가 증가하는 부수적인

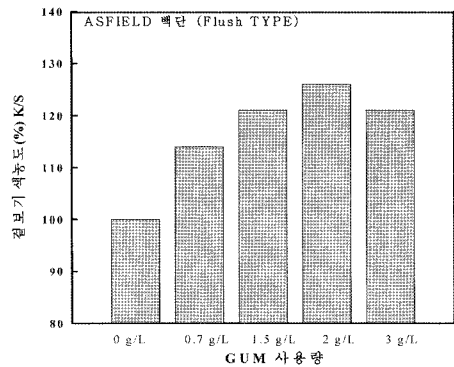


Figure 2. gum 사용량에 따른 걸보기 색농도의 변화.

효과가 있다.

PTT 카펫용 원사인 PTT BCF사가 생사(raw material)인지 열처리한 가공사인지에 따라서 다소 차이가 있지만 ASFIELD 백단으로 평가한 결과, Figure 2의 그래프에서 알 수 있듯이 대략 25-40% 걸보기 색농도 증가효과가 있음을 알 수가 있으며, gum을 2 g/L 사용시에 걸보기 증진효과가 가장 크게 나타

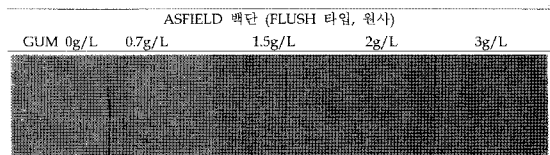


Figure 3. gum 사용량에 따른 균염성 변화.

Table 3. gum 사용량에 따른 세부 공정별 현장 작업성 및 염색품위

GUM 사용량 (g/l)	0	0.7	1.5	2	3
PICK-UP량(g/l)	93.8	->	->	->	->
APPLICATOR DUCT BLADE조건	띠 없음 균일, 반점×	0.5-1.0 cm띠 균일, 반점×	2.0 cm띠 균일, 반점×	2 cm띠, 균일,반점×	4-5 cm띠, 불균일, 반점×
STEAMER입구 PIN-ROLL	중앙부위물기	염액흐름×	염액흐름×	염액흐름×	염액흐름×
STEAMER 1번 PIN-ROLL	거품× BACK흐름 4-5 m	거품× BACK흐름 1-2 m	거품× BACK흐름×	거품× 염액흐름×	거품× 염액흐름×
STEAMER 2번 PIN-ROLL	거품× 염액흐름	거품× 약한염액 흐름	맑은거품 약한염액 흐름	잔거품 염액흐름	굵은거품 염액흐름 불균일
STREAK발생 불량	×	×	○	△	△
염액 PILE 침투력	○	○	○	○	○
염색 불균일	×	×	△	○	×
담색띠	×	×	○	○	×
종합 평가	×	×	△	△	×

※해당 항목의 작업성, 품위 : ◎매우 양호 ○양호 △보통 ×불량

난다.

Figure 3은 gum 사용량에 따른 균염성 변화를 나타낸 사진으로 gum 미사용(0 g/L)인 경우 색농도는 떨어지지만 염색 품위는 양호하며, 0.7 g/L 사용시에 특히 농담줄 형태의 stripe가 발생하는 심한 불균염이 나타난다. 이는 피염물 상의 염액이 수직 스티머로 올라가면서 쉽게 흘러내려 나타난 결과이다. gum 사용량이 일정량(1.5 g/L) 이상이면 백단 표면에서의 염색 유동성이 많이 감소하므로 스티머에서 흘러내림이 감소하여 염액 흐른 자국이 적게 발생하는 결과를 보인다.

이상의 결과를 종합해 보면, 적당한 수준의 호제 사용은 색농도 증진과 불균염 감소에 효과적이며, ASFIELD 형태의 cut pile 제품인 경우 gum 2 g/L 사용시 작업성 및 염색품위가 양호하였다. 단, ASWORLD와 같이 pile의 길이가 짧은 loop pile 제품은 같은 조건에서도 염액이 잘 흘러내려 경사 줄이 발생되므로 염액의 유동성 억제를 위하여 gum 사용량 조절이 필요하다고 할 수 있다.

2.2. Anti-frosting agent의 선정

파일길이가 비교적 긴 cut pile 제품의 연속염색 시, 염액의 점도가 너무 낮기 때문에 염액이 파일 위에서 아랫부분으로 빨리 흘러내려 상대적으로 파일 윗부분은 염액과 접촉한 시간이 짧아진다. 따라서 염료 흡진이 다른 부분보다 부족하여 색농도가 떨어지기 때문에 희끗희끗해 보이는 외관불량(프로스팅 현상)이 발생하게 된다. 프로스팅이 발생하는 또 다른 이유로는, 스티머에 들어간 백단의 차가운 표면에 뜨거운 포화증기가 접촉하면 온도 차이에 의하여 백단 표면의 파일 끝에 결로 현상이 생기고, 이부분에 맺힌 물방울 때문에 파일 끝 표면의 염액농도가 낮아져서 상대적으로 염료 흡진이 떨어지게 된다. 따라서 이를 개선하기 위한 염색조제 선정이 요구되어 진다.

2.2.1. 프로스팅 방지제(Anti-frosting agent)의 작용 원리

스티머 안에서 일정온도에 도달하게 되면 약제에 의하여 거품이 발생하고, 발생한 거품이 파일 윗부분으로 염액을 밀어 올려주는 역할을 한다. 결과적으로 파일 위에 맺힌 물방울을 밀어내는 현상이 발생하게 되므로 파일 끝으로의 염액 접근을 용이하게 하여 프

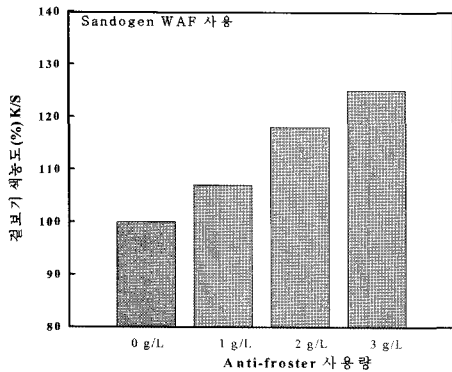


Figure 4. 프로스팅 방지제 사용량에 따른 겉보기 색농도 (k/s)의 변화.

로스팅 현상을 감소시키는 작용을 하는 것이다.

2.2.2. 프로스팅 방지제 적용 효과

Figure 4는 프로스팅 방지제 사용량에 따른 겉보기 색농도를 나타낸 그래프이다. 프로스팅 억제 효과에 의하여 사용하지 않은 것 보다 겉보기 농도가 최대 25% 증가함을 알 수 있다.

프로스팅 방지제 3 g/L 사용 시 색농도 증가효과는 가장 우수하였으나 과량 사용 시에는 거품발생이 과다하여 거품이 흘러내린 자국이 남는 불균염이 생길수 있으니 백단의 특성에 따라서 사용량 조절이 필요하다. 그리고 과다한 거품을 제어해 주는 약제인 소포제와 함께 사용 시에는 프로스팅 방지제의 성능이 반감될 수 있으니 사용 시 주의해야 한다.

2.3. 소포제 선정

ASWORLD 제품과 같이 pile의 길이가 짧은 loop pile 제품은 분산제와 호제인 gum 사용시 스티머안에서 거품 발생이 과다하여 거품이 흘러내린 농담줄 형태의 경사줄이 발생하게 된다.

기존 공정에서 거품 흐름에 의한 농담 경사줄 발생 우려 때문에 분산제와 호제를 사용하지 않고 염색을 진행하는 경우가 있으나 분산제 미사용으로 인한 염액의 분산안정성 저하로 부위별 색차 및 얼

룩형태의 불균염이 발생하게 된다. 따라서 분산제를 사용하여 염액 안정성을 우선 확보하고 스티머 내부에서 과량으로 발생하는 거품은 소포제를 이용하여 제어함이 바람직하다.

소포제 적용시 주의할 사항은, 우선 정련을 하지 않고 염색을 진행하는 카펫 염색공정에 실리콘계 소포제를 사용하면 원사에 남아있던 방사유제와 엉겨서 얼룩이 생기는 불균염 발생 가능성 크기 때문에 반드시 비실리콘계 소포제를 사용하여야 한다. 또한 소포제처럼 약제 자체에 약간의 점도가 있는 액상의 약제는 충분히 교반하여 용해시켜 사용하지 않으면 완전히 물에 풀리지 않은 작은 약제 알갱이가 blade에서 염액 흐름을 방해하여 불량률 유발할 수 있으니 충분한 양의 온수에 희석하여 고속교반으로 완전히 용해한 후 투입하는 것이 바람직하다.

2.3.1. 소포제 적용 효과

Figure 5는 분산제와 소포제를 사용하지 않던 기존 처방과 분산제와 소포제를 각각 0.5 g/L씩 적용한 개선처방에서의 염색품위를 관찰할 수 있는 사진이다. 기존 공정에서는 얼룩 형태의 불균염이 발생하여 문제가 되었으나 분산제와 소포제를 각각 0.5 g/L씩 추가한 개선공정에서는 균염성이 현저히 개선되었음을 확인할 수 있다.

소포제 선정 시 소포 및 침투 작용을 동시에 발현 할 수 있는 제품을 사용하는 것이 가장 우수한 효과를 볼 수 있다.

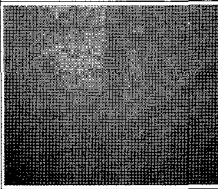
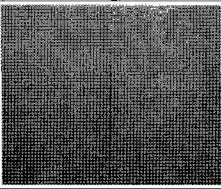
	기존 처방	개선 처방
분산제	-	0.5 g/L
소포제	-	0.5 g/L
염색품		
염색 품위	부위별 색차 및 얼룩형태의 불균염 발생	양호한 수준으로 염색품위 개선됨

Figure 5. 분산제 및 소포제 적용 전후의 카펫의 염색품위.

2.4. 침투제의 선정

Cut pile 제품에서 파일 끝이 희끗희끗해 보이고 전체적으로 색농도가 떨어져 보이는 문제점을 개선하기 위해 프로스팅 방지제 대신 습윤 및 침투제의 적용을 생각할 수도 있다.

소수성 섬유인 PTT에 염액이 빠르게 wetting 될 수 있도록 하여 염액의 침투력을 높여 색농도 증진 효과를 부여하고, 부가적으로 스티머 안에서의 거품 유발 효과로 인하여 프로스팅 발생을 억제할 수 있기 때문이다. 하지만 침투제 사용시 주의할 사항은, cut pile 형태 제품의 품위 개선에는 효과적이지만 loop형의 짧은 파일 제품에 적용 시에는 스티머 안에서 거품 발생에 의한 흐름자국이 남을 수 있으니 가급적 사용을 피하거나 소포제와 병행하여 사용하는 것이 바람직하다.

2.4.1. 침투제 적용 효과

gum과 분산제만 사용한 경우보다 침투제를 사용함에 따라 8%정도의 색농도가 추가로 상승될 뿐만 아니라 염색 품위 또한 향상됨을 사진(Figure 6)과 그래프(Figure 7)에서 확인할 수 있다.

침투제를 1 g/L 사용할 때 보다 2 g/L 사용시 약간 더 효과가 양호하나 2 g/L 이상의 사용량 증가에서는 추가적인 색농도 상승효과는 미미하다.

2.5. 연속 염색용 분산제의 선정

염료와 분산제가 이상적으로 결합하면 섬유 내부로의 침투과정에서 온도에 따라 크게 영향을 받지 않고 염료가 섬유 내부로 침투되지만, 분산제의 선

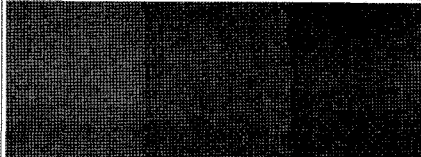
	염료 (조제 미사용)	염료 +GUM +분산제	염료 +GUM +분산제 + 침투제
표면 외관 개선	x	△	○
색농도 (K/S)	100%	139%	151%
염색물			

Figure 6. 침투제 적용에 따른 색농도의 변화.

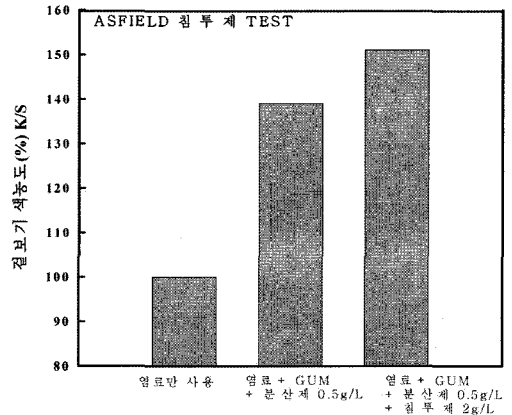


Figure 7. 침투제 적용에 따른 색농도 변화 그래프.

택이 잘못되거나 분산제가 소량인 경우 온도가 상승할수록 분산제가 소실되어 최종적으로 염료끼리 결합하여 타르(tar)를 형성하므로 잔욕이 더 남게 되어 염료 흡진율이 떨어질 수가 있다. 따라서 분산제의 종류 및 적정 사용량의 선택이 매우 중요하다.

2.5.1. 분산제의 이온성과 염액의 안정성

호제로 gum 사용 시에는 순수 음이온성 분산제가 음이온+비이온성 분산균염제보다 염액 안정성 측면에서는 다소 유리하게 나타난다. 하지만 반대로 합성호제를 사용할 경우는 음이온성 분산제가 염액의 점도를 저하시키고 호제 용해성을 불량하게 만든다. 균염력이 우수한 분산제 일수록 잔욕이 더 남아 최종 색농도가 저하하는 경향이 있다.

3. 결 론

PTT BCF 카펫의 연속염색공정에서의 염색 품위를 향상시키기 위해서는 염료의 흡진 및 고착이 매우 짧은 시간에 이루어지기 때문에 염료의 상용성이 우수하면서 염료 흡진 시간이 빠른 분산염료의 선정이 중요하다. 또한 염색 품위는 색상 뿐만 아니라 전반적인 염색불량 즉, 경사줄불량, 염색 불균염 등이 없어야만 보다 우수한 품위를 갖는 염색체가 되는 것이다.

Table 4. PTT Carpet 신제품의 연속염색 조건

제품명	염색기 조건		조제(단위:g/L)			
	PICK-UP%	SPEED(M/MIN)	증점제(GUM)	침투제	분산제	소포제
AS-UNIVERSE (Saxony type)	360	6.2	2.3	2.0	0.5	0.0
AS-WORLD (loop type)	500	6.2	0.0	0.0	0.5	0.5

Table 5. 백단 특성에 맞는 선택적인 조제 사용법

연속염색 조제 적용상의 특이점	백단 형태			
	· loop pile 형태 · 염액이나 거품이 잘 흘러내리는 제품		· cut pile 형태 · 염액이나 거품이 잘 흘러내리지 않는 제품	
분산제	◎	균염성개선 (반드시 소포제와 병용)	◎	염액 안전성과 염료 상용성 증대 균염성 개선
호제	×	사용 불필요 (염액 흐름자극 발생)	◎	색농도 및 품위 개선효과 있음
소포제	◎	분산제 사용에 따른 스티머 내부 거품발생 제어 효과	×	사용불필요(anti-froster의 효과 반감)
습윤/침투제	△	사용시 품위 개선효과 낮아서 생략 가능	○	색농도 및 품위 개선효과
Anti-froster	△	프로스팅 현상이 심하지 않아서 생략가능	○	프로스팅 방지로 색농도 및 품위 개선 효과 있음

◎ : 품위 개선효과 큼, ○ : 양호한 수준위 품위개선, △ : 큰 효과없어 생략가능, × : 역효과

Table 4에 PTT BCF 카펫의 우수한 염색품위 결정 인자별 최적 조건을 나타내었고, Table 5는 백단의 pile 형태나 길이, tufting 밀도 등에 따라서 부여된 염액 유동성이 달라지므로 각각의 특성에 맞는 선별적인 염조제 적용에 관해 나타낸 것이다.

PTT BCF 카펫의 양산화 성공 이후 많은 발전을 이루어 왔으나 아직까지 설비의 보완 및 기술적으로 해결해야 할 사항들이 남아있다. 즉 최상의 품질과 고생산성을 위하여 방사조건을 최적화하는 기술과 나일론 카펫에서 보여주는 다양한 색 발현과 연속염색을 위한 기술개발이 지속되어야 하며, 아울러 전자파 차폐, 항균, 방취, 방충, 난연성 강화 카펫 등 차별화된 기능성 카펫들의 개발과 recycling 기술 개발을 통한 친환경적 카펫의 제조, 고유의 디자인 개발들을 통해 다양한 제품들을 전개해 나가므로써 시장을 리드해 나감이 필요하다.

끝으로 이런 신규소재에 대해 끊임없는 기술개발과 적극적인 마케팅을 통해 우리로서는 카펫 뿐 아

니라 소비량면에서 엄청난 규모(140만 ton/년)이며 미 개척분야인 BCF원사 수출시장으로 진출할 수 있는 기반이 구축되는 한편 현재 국내 PET 및 그 원료인 TPA의 제조업체가 중국, 대만, 등의 급격한 증설 등으로 인해 생산과잉의 어려움을 겪고 있는 상황에서 PTT 제품의 앞선 개발로 수출시장을 넓혀 간다면 기존 PET 중합설비를 개조하여 PTT resin을 생산함으로써 TPA의 소비를 증가시킬 수 있는 부가 효과도 기대할 수 있는 바 국내 화섬업계의 새로운 활로를 개척하는데도 이바지 할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

1. PTT BCF 및 Carpet 제조 기술 개발에 관한 보고서, 산업자원부(2003).
2. PTT소재의 염색성 평가 및 직·편물의 염색가공 공정기술에 관한 보고서, 산업자원부(2003).
3. "침탄 염색가공 섬유소재의 핵심기술 연구", 한국염색신문 290호, pp. 8(2002년 3월 11일).
4. H. H. Chuah. *Chem. Fiber Ins.*, 46(6), 424(1996).

5. H. S. Brown and H. H. Chuah, *Chem. Fiber Ins.*, **47**(1), 72(1997).

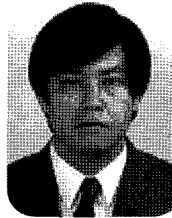
6. S. H. Yoon, T. K. Kim, Y. J. Lim, and K. M. Cho, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **13**(4), 249(2001).

저자 프로필



박영환

1981. 서울대학교 섬유공학과 졸업
 1983. 서울대학교 섬유공학과(석사)
 1991. 서울대학교 섬유공학과(박사)
 2005. 현재. 한국생산기술연구원 디지털
 염색팀 수석연구원



김종윤

1980-1992. (주)효성 중앙연구소
 2003-현재. 한국생산기술연구원
 디지털염색팀 염색가공연구센터 공장장,
 선임연구원



심재윤

1997. 경북대학교 염색공학과 졸업
 1999. 경북대학교 염색공학과(석사)
 1998- 2002. (주)대우/인터내셔널
 섬유연구소 근무
 2005-현재. 한국생산기술연구원 디지털
 염색팀 연구원



이종복

1984. 명지대 화학공학과 졸업
 1987-2004. (주)효성 안양공장장
 2002-2003. 산업자원부 기술표준화사업
 carpet부문 자문위원
 2005-현재. (주)효성 기술개발실장